



Målerprojekt

Relevante målere i energirenovringer af større bygninger

Laustsen, Jacob Birck; Kamper, Simon; Maagaard, Steffen; Noyé, Peter Anders; Vorre, Mette Havgaard

Publication date:
2017

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Laustsen, J. B., Kamper, S., Maagaard, S., Noyé, P. A., & Vorre, M. H. (2017). *Målerprojekt: Relevante målere i energirenovringer af større bygninger*. SBI forlag.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Målerprojekt

Relevante målere i energirenoveringer af større bygninger



Kolofon

Titel: Målerprojekt
Undertitel: Relevante målere i energirenoveringer af større bygninger
Udgave: 1. udgave
Udgivelsesår: 2017
Forfattere: Jacob Birck Laustsen, Mette Havgaard Vorre, Simon Kamper,
Steffen E. Maagaard & Peter Noyé

Sprog: Dansk
Sidetal: 12

ISBN: 978-87-563-1844-0

Udgiver: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
A.C. Meyers Vænge 15
2450 København SV
E-post sbi@sbi.aau.dk
www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

Forord

Denne rapport gennemgår hvilke målere, der er behov for i forbindelse med energirenoveringer for at kunne registrere, om de forventede energibesparelser realiseres, og om bygningen og installationerne lever op til den energipræstation, der er opstillet i udbudsmaterialet og antaget i beregningerne af de fremtidige energibesparelser.

Rapporten indgår som en del af projektet med udvikling af metode og proces for gennemførelse af energirenoveringer af store bygninger som beskrevet i SBI-anvisning 269, *Energirenovering af større bygninger – metode og proces*.

Rapporten er udarbejdet på grundlag af et projekt udført af rådgivningsfirmaerne NIRAS A/S og MOE A/S for Energistyrelsen.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Forskningsafdelingen for Energieffektivitet, Indeklima og bæredygtighed
Maj 2017

Søren Aggerholm
Forskningschef

Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	4
2	Energiprestande eller energieffektivitet.....	4
3	Målerliste	5
3.1	Lovkrav.....	6
4	Målerskema	7
5	Uddybning af udvalgte punkter	11
5.1	Belysning	11
5.2	Ventilation.....	11
5.2.1	Lufttransport	11
5.2.2	Konditionering af ventilationsluften	11

1 Indledning

Som led i at kunne dokumentere og optimere energiforbruget i en bygning før og efter en energirenovering er det nødvendigt, at der i systemerne er indsat målere på de væsentligste steder. Målerne benyttes såvel til at fastlægge baseline for energiforbruget før og efter en energirenovering. Derudover benyttes målerne til at sikre, at komponenterne lever op til forudsætningerne samt til at energioptimere styringen. Dette sker blandt andet ved at opdele energiforbruget på en række anvendelser.

I forbindelse med energirenoveringer sammenlignes den beregnede energibesparelse ofte med den målte besparelse. Ud fra denne sammenligning vurderes det, om energirenoveringen er nået i mål. Hvis forventningerne ikke stemmer med målingerne, er det svært, hvis ikke umuligt, at finde ud af, hvad der er årsagen, hvis energiforbruget kun er baseret på registreringer af hovedmålere for hele ejendommen. For at få et mere præcist billede er det nødvendigt, at energiforbruget kan opdeles vha. flere bi-målere.

En forudsætning for at opnå de forventede energibesparelser ved energirenoveringer er, at de enkelte energirenoverede installationer og komponenter lever op til energimæssige krav som beskrevet i udbudsmaterialet. For at kunne verificere dette er det nødvendigt at have et antal målere, som registrerer ydeevnen og effektiviteten af de forskellige anlæg i bygningen hver for sig. Det gør det muligt at vurdere bygningens energiprformance i stedet for alene at basere vurderingen på energiforbruget. Derudover kan der være brug for viden om bygningens brug for at kunne adskille brugen fra bygningens effektivitet.

Behovet for målere kan deles op i to dele:

- Måling af værdier til bestemmelse af installationens/komponentens effektivitet, dvs. uafhængig af brug. F.eks. temperaturer til bestemmelse af varmegenvinding i ventilationsanlæg, vandmængde og energiforbrug i brugsvandsanlæg til specifik forbrug.
- Energimålere (el, fjernvarme, naturgasforbrug etc.) til måling af energiforbruget i bygningen samlet og opdelt i relevante zoner og på komponenter/installationer. Antallet af bi-målere skal være så stort, at det er muligt at adskille energiforbruget i de enkelte zoner og de enkelte installationer, således at det er muligt at identificere de enkelte deles forbrug.

I dette projekt gennemgås hvilke målere, der er behov for i forbindelse med energirenoveringer, for at kunne registrere, om de forventede energibesparelser realiseres, og om bygningen og installationerne lever op til den energiprformance, der er opstillet i udbudsmaterialet og antaget i beregningerne af de fremtidige energibesparelser.

Først gennemgås hvilke krav, der stilles i bygningsreglementet og i relevante normer/standarder/anvisninger, og bl.a. de standardiserede arbejdsbeskrivelser (bips), som typisk anvendes ved byggesager. Endelig beskrives hvilke målere, der er ønskelige for at få det fulde overblik over energiforbruget og effektiviteten af diverse installationer og komponenter.

2 Energiprformance eller energieffektivitet

Det er ønskeligt at kunne adskille bygningens energiprformance eller energieffektivitet fra det faktiske energiforbrug, som er påvirket af bygningens brug og brugere.

Det er kendt, at energiforbruget i en bygning kan være højere end forventet på grund af, at brugne veksler en del af energibesparelsen til højere komfort, end man havde forventet. Det kan

f.eks. være, at brugerne efter renoveringen vælger at have en temperatur på 24°C indenfor i stedet for 22°C, som der var forudsat i beregninger. Dette kaldes en rebound effekt.

Hvis der sammenlignes med et tidligere målt energiforbrug, kan der derudover være en pre-bound effekt, fordi brugerne tidligere f.eks. accepterede en rumtemperatur på 20°C på grund af bygningens dårlige energieffektivitet.

Ved vurdering af en bygnings energieffektivitet er det fordelagtigt med flest mulige delmålinger i bygningen, så det kan ses hvilke dele af bygningen og hvilke processer, der forbruger energien.

Der er ikke nødvendigvis behov for konstant logning, men det anbefales at CTS-systemet (hvis der er CTS) opbygges, så der kan logges på forskellige zoner, og at der sikres plads i systemet, så der er mulighed for at sætte loggere ind, f.eks. i forbindelse med indkøring af bygningen.

I den optimale løsning etableres et komplet CTS-system (hvis det ikke findes), og der logges måledata alle steder. CTS-anlægget giver driftspersonalet et direkte overblik over bygningen, så de er i stand til løbende at kunne vurdere og følge de enkelte anlægs performance.

3 Målerliste

Herunder er det forsøgt skematisk at opliste hvilke målere, der skal og kan installeres i en bygning.

Øverst står de lovpligtige målere, som er angivet i målerbekendtgørelsen og bygningsreglementet. Målerbekendtgørelsen sikrer, at enhver betaler for sit eget forbrug, mens bygningsreglementet har fokus på, hvordan forbruget fordeler sig i bygningen. Der er i tabellen ikke angivet, om det er hovedmåler eller bi-måler.

I de efterfølgende skemaer er vist målere, der er angivet i hhv. bips, normer/standarder, Bygningsstyrelsens Performancetest, samt hvilke det anbefales at anvende i forbindelse med energirenovering for at få maksimal udbytte.

Det er generelt en stor fordel, hvis målerne kan udveksle data til en eller flere kendte og veldefinerede protokoller, så alle målinger kan samles i et fælles CTS-system og gøres let tilgængelig for bygningsdriften.

3.1 Lovkrav

Oversigt over lovpligtige krav til målere der stilles i bygningsreglementet og målerbekendtgørelsen.

		Nybyggeri	Bestående bebyggelse	Nyinstallation	Udskiftning	Bolig- / erhvervsenhed	Ejendommen / Leveringsstedet	Installationen som helhed
Målerbekendtgørelsen	Måler til forbrug af:							
	El	•	•			•		
	Gas	•		•		•	•	
			•			T	•	
	Koldt vand	•				F	•	
			•				•	
				E		F		
	Varmt vand	•		•		•		•
			•			T		•
	Varmeenergi	•		•		•	•	
			•			VF	•	
					M	T	•	
	Køling	•		•		•	•	
Bygningsreglementet			•			T	•	
			K ¹				•	
	Måler til energiforbrug til:							
	Ventilation							
	El til ventilator	E3		E3				
	El til elvarmeplade	E3		E3				
	Varme til varmeplade	V10		V10				
	Varmepumper og køleanlæg							
	El	E3 ²		E3 ²				
	Varmt brugsvand							
	Varme til opvarmning og cirkulation	V10		V10				
	Serverrum							
	El til servere	•						
	El eller køleydelse til køling af serverrum	•						

E	Ved nyinstallation i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed
F	Skal byggeteknisk forberedes til installation af måler
T	Hvis det er teknisk gennemførligt og omkostningseffektivt
VF	Varmeenergimåler eller varmemfordelingsmåler
M	Ved udskiftning af målere eller målersystem, skal der vælges varmeenergimålere fremfor varmemfordelingsmålere
K	Hvis kølet med fjernkøling eller fra kølecentral, der betjener flere bygninger. Afregningsmåler på leveringsstedet
E3	Hvis dette elforbrug overstiger 3.000 kWh pr år
V10	Hvis dette varmemforbrug overstiger 10.000 kWh pr år
¹	I ejendomme med flere bolig- og erhvervsenheder
²	Evt. elpatron forsynes med timetæller eller elmåler

4 Målerskema

Oversigt over anbefalinger/krav til målere ifølge diverse normer, standarder, bygge- og testbeskrivelser, samt hvilke det anbefales at anvende i forbindelse med energirenovering for at få maksimalt udbytte.

	Målerbekendtgørelsen, Nybyggeri	Målerbekendtgørelsen, Bestående	Målerbekendtgørelsen, Nyinstallation	Bygningsreglementet, Nybyggeri	Bygningsreglementet, Bestående	Bygningsreglementet, Nyinstallation	Bips	Bygst performancetest	DS 447	DS 469	Af hensyn til SKAT	Væsentlig for vurdering af energieffektivitet	Anbefales i forhold til vurdering og optimering	Interessant for optimering, evt. flytbar måler	Nødvendig for indregulering	SEL af ventilation	COP af varmepumpe eller køleanlæg	COSP af varmepumpe eller køleanlæg
Elforbrug og Elmåler																		
For hver bolig- eller erhvervsenhed	•	•										•	•					
Ventilation																		
Til ventilatorer				E3	E3		•					•	•			•		
- opdelt på indblæsning og udsugning							•					•	•					
Til elvarmefflader				E3	E3		•					•	•					
Køling og varmepumper																		
Til varmepumper og køleanlæg				E3 ¹	E3 ¹							•	•					
Til kølekompressorer												•	•				•	•
Til pumper																		•
Serverrum																		
Til servere i serverrum				•								•	•					
Til køling af serverrum				•								•	•					
Fordeling af forbrug																		
Cirkulationspumper								•				•	•					
Opdelt efter øvrige typer														•				
Belysning																		
Separat gruppe til belysning												•	•					
Almen belysning. Bimåler på de enkelte zoner												•	•					
Effektbelysning. Bimåler på de enkelte zoner												•	•					
Andet proces																		
Elevator, Separat gruppe						•						•	•					
Køkkenudstyr												•	•					
IT- rum												•	•					
Plug loads, diverse											•	•	•	•				
Produktionsanlæg																		
Energiproduktion fra solceller											• ²	•						

¹ Evt. elpatron forsynes med timetæller eller elmåler

² Gælder kun for anlæg over 50 kW

E3 Hvis dette elforbrug overstiger 3.000 kWh pr. år

[illegible]

[illegible]

5 Uddybning af udvalgte punkter

I det følgende uddybes nogle af punkterne fra listen, som kræver ekstra forklaring.

5.1 Belysning

For at kunne måle belysningsanlæggets performance er det nødvendigt at kunne måle elforbruget i de enkelte zoner som f.eks. dagslysstyring er inddelt i:

- Separat gruppe for belysning med måler på.
- Bi-måler på de enkelte zoner foretrækkes
- Zoneopdeling i forbindelse med dagslysstyring skal fremgå af CTS
- Belysningsniveau med luxmeter er ønskeligt.

5.2 Ventilation

Ventilationsanlægget bruger energi dels til lufttransport og dels til konditionering af ventilationsluften.

5.2.1 Lufttransport

Specifikt elforbrug til lufttransport, SEL, angives i kJ / m^3 .

For at kunne bestemme anlæggets SEL-værdi skal der måles samhørende værdier af:

- Effektoptag til indblæsningsventilator (P_{indb}), udsugningsventilator (P_{uds}) eller samlet (P_{vent}) [kW]
- Afkastluftmængde (q_{afkast}) og udeluftmængde (q_{udeluft}) [m^3/s].

SEL beregnes vha. følgende udtryk: $\text{SEL} = P_{\text{vent}}/q_{\text{udeluft}}$.

Målingerne foretages ved maksimum luftmængde, svarende til anlæggets dimensionerende luftmængde, samt ved middel luftmængde, som anlægget kører med ved normal drift.

5.2.2 Konditionering af ventilationsluften

Herunder opvarmning, køling og evt. affugtning af luften. Energiforbruget måles som:

- Varmeforbrug til varmekilder (Q_{varme}) [kWh]
 - I Bygningsreglementet er der krav om målere, hvis varmekonsumet er over 10.000 kWh pr. år, dog hvis det er en el-varmekilde, hvis det overstiger 3.000 kWh pr. år
- Køleforbrug til køleflader ($Q_{\text{køl}}$) [kWh].

Temperaturvirkningsgrad, η , af varmegenvinder beregnes ud fra målinger af:

- Lufttemperatur efter varmegenvinder, men før varmekilde (t_{efter}) [$^{\circ}\text{C}$]
- Lufttemperatur i udsugningskanal (t_{uds}) [$^{\circ}\text{C}$]
- Udetemperaturen (kan måles i friskluftskanal) (t_u) [$^{\circ}\text{C}$]

$$\eta = (t_{\text{efter}} - t_u)/(t_{\text{uds}} - t_u).$$

Ved placering af temperaturføler i kanal skal der tages højde for evt. uensartet temperaturfordeling i kanalen.

Bips angiver følgende krav til målere:

- Termometre før og efter alle varmegenvindingskomponenter, varmeflader og køleflader. Termometre mellem varmeflader og varmegenvindingskomponenter og mellem varme- og køleflader kan være fælles for begge dele. (BIPS B2.430 3.6.7.11 stk. 1)
- Der skal monteres hygrometre før og efter befugtersektion (BIPS B2.430 3.6.7.11 stk. 2)
- Der skal monteres trykmåleudtag over alle filtre og varme-, køle- og genvindingsflader. Dette gælder også for komponenter monteret i kanalsystemet (BIPS B2.430 3.6.7.11 stk. 3).

